

16869N-041500

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

J1046 U.S. PTO
10/066458
01/31/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年11月 1日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-336181

出 願 人
Applicant(s):

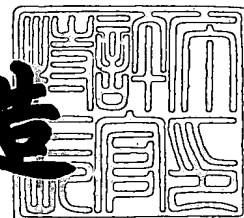
株式会社日立製作所

#2
Priority
3-29 or
CHICKEN

2001年12月21日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3109978

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0711

【提出日】 平成13年11月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01F 27/00

【発明者】

 【住所又は居所】 新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4 6 番地1 株式会社日立中条テクノロジー内

 【氏名】 西水 亮

【発明者】

 【住所又は居所】 新潟県北蒲原郡中条町大字富岡4 6 番地1 株式会社日立中条テクノロジー内

 【氏名】 天兒 洋一

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2 番1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内

 【氏名】 松尾 尚英

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2 番1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内

 【氏名】 林 則行

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2 番1 号 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所内

 【氏名】 白根 隆志

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガス絶縁変圧器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄心と該鉄心に捲回された巻線を含む機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に充填される地球温暖化係数が 1 以下の不活性ガスとを備えることを特徴とする自冷式のガス絶縁変圧器。

【請求項 2】

鉄心と該鉄心に捲回された巻線を含む機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に充填される分子量が 1 4 6 未満の不活性ガスとを備えることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 3】

鉄心と該鉄心に捲回された巻線を含む機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に充填されるガスとを備え、該絶縁及び冷却用媒体は、窒素ガス、二酸化炭素ガス、乾燥空気のいずれか、或いはそれらの混合ガスであることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 4】

鉄心と該鉄心に捲回された巻線を含む機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に充填されるガスとを備え、該鉄心及び巻線は高効率変圧器の損失特性を有し、該ガスは地球温暖化係数が 1 以下の不活性ガスであることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 5】

請求項 4 記載のガス絶縁変圧器において、該鉄心は非晶質金属薄帯を用いて形成されることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 6】

鉄心と該鉄心に捲回された巻線を含む機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に充填されるガスとを備え、該絶縁及び冷却用媒体は、窒素ガス、二酸化炭素ガス、乾燥空気のいずれか、或いはそれらの混合ガスであり、該鉄心は磁区制御ケイ素鋼、高配向性のケイ素鋼及び非晶質合金

の何れかで形成されることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の変圧器において、該ガスの封入圧力を、第二種圧力容器の規制を受けない 0.2975 MPa ($2 \text{ kg/cm}^2 \text{G}$) 未満にすることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の変圧器において、該ガスの封入圧力を 150.358 kPa 以下にしたことを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 9】

非晶質合金で形成された鉄心に巻線を捲回した機器と、該機器を収納するタンクと、絶縁及び冷却用媒体として該タンク内に封入された窒素ガスとを備えることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【請求項 10】

請求項 1 記載のガス絶縁変圧器において、該窒素ガスは 150.358 kPa 以下であることを特徴とするガス絶縁変圧器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はガス絶縁変圧器に関する。

【0002】

【従来の技術】

ビル内、地下変電所等に設置する変圧器としては、難燃及び不燃性が要求されることが多々ある。不燃変圧器の一つとして不燃性のガスを利用したガス絶縁変圧器があり、大半は六弗化硫黄（以下 SF_6 ガスと言う）を用いている。その理由としては次が挙げられる。電氣的性質として絶縁耐力が大気圧で空気の約 2.6 倍と大きいこと。また熱的、化学的性質はきわめて安定しており、無触媒では 500°C でも安定である。

【0003】

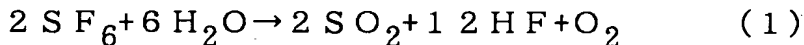
以下、図 4 を用いて従来構造の一例を説明する。

図 4 は従来のガス絶縁変圧器の一部断面側面図である。ガス絶縁変圧器には冷却用に波形をしたリブ 5 を有するタンク 3 内部に SF_6 ガス 1 9 が封入されている。 SF_6 ガス 1 9 は冷却性能及び絶縁性能を上げるために加圧されてタンク 3 内部に封入される。タンク 3 は SF_6 ガス 1 9 を加圧封入しているため、それに耐えうるよう強固に設計されている。

【 0 0 0 4 】

タンク 3 内には鉄心 1 と巻線 2 が収納されている。例えば、鉄心 1 の材料にケイ素鋼板が用いられる場合、直接 SF_6 ガスと触れないよう切断面である積層面をコーティングしている。これは以下の対策のためである。

SF_6 ガス中に金属材料が共存するとその種類によっては 200°C 以上で分解を起こし、更に、水分が共存すると分解が促進される。特に電気学会技術報告第 4 5 9 号に明記されているように、水分が共存し、ケイ素鋼板がある場合、Si が触媒となり、 $150\sim 200^\circ\text{C}$ の間で加水分解が始まる。その化学式を (1) に示す。



加水分解すると式 (1) のように二酸化硫黄ガス SO_2 、弗化水素ガス HF が発生する。この対策として SF_6 ガス 1 9 を用いたガス絶縁変圧器の鉄心 1 は皮膜のない積層面をコーティングが必要となる。

【 0 0 0 5 】

さらに、 SF_6 ガス 1 9 はアーク放電や部分放電によって、弗化水素ガス HF 、四弗化硫黄 SOF_4 、二酸化硫黄ガス SO_2 等の分解ガスを発生する。弗化水素ガス HF は窒息性で刺激臭が強く、これに触れると皮膚、目などが冒され、呼吸すれば呼吸器が冒される。また、二酸化硫黄ガス SO_2 も強い刺激臭があり、大量に浴びると肺が冒され危険である。これらのガスを外気に放出することは安全衛生上望ましくない。

【 0 0 0 6 】

この対策として SF_6 ガス 1 9 を用いるガス絶縁変圧器はコロナフリーの絶縁構造とし、分解ガス吸着剤を装備することが多い。さらに、内部故障時に有害ガスが外気へ噴出しないことが必要である。タンク 3 は SF_6 ガス 1 9 の封入圧力

に加え故障時の内圧上昇を考慮し、強度的に十分耐えうるよう設計されている。或いは放圧弁 9 を設け、噴出した有害ガスを外気に漏らさないよう避圧タンク 20 を備えることもある。

【0007】

特開 2000-69631 号公報に記載されているように、ガス放圧弁に窒素ガスを充填したガス封入袋を連結し、これをタンク内に設けることにより、故障時の内圧上昇により放圧弁が動作しても窒素ガスのみが外気中に放出される機構をもつタンクも発明されている。なお、図 4 において、6 は正又は負の圧力を測定する連成計、7 は 1 次端子、8 は 2 次端子である。

【0008】

特開 2000-150253 号公報には、不燃性で地球温暖化係数の小さい F_3I 、あるいはこれを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器が示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、1997 年 12 月の京都における第 3 回気候変動に関する国際連合枠組み条約締結国会議 (COP3) において、温室効果ガスに係わる排出削減目標が定められ、その対象ガスの一つとして、 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、HFC、PFC に加え、 SF_6 ガスを含めることが決定され排出抑制が求められるようになった。先に述べたように SF_6 ガスは化学的に安定であり、大気中寿命が 3200 年と永く、赤外線吸収量も大きいことから、地球温暖化係数は CO_2 の 23,900 倍となる。電気協会雑誌 10 年 11 月号ではガス絶縁機器は SF_6 ガスの排出として点検時排出量年間 50 トン程度、撤去時排出量年間 10 トン程度、自然漏洩量年間数トン程度と記している。当然、 SF_6 を用いたガス絶縁変圧器においても点検時及び撤去時の排出は発生する。これらより SF_6 ガスを用いることは地球環境に与える負荷が大きく問題である。

【0010】

また、 SF_6 ガス 19 を用いたガス絶縁変圧器は鉄心 1 が加水分解の触媒金属として作用しないようコーティングする必要があり、作業工数が増加する問題点がある。また、タンク 3 内部に封入した SF_6 ガス 19 は加圧されているため、

この内圧に耐えうるように強固なタンク構造とする必要がある。また、アーク放電や部分放電による内部故障時の有害ガスを外気へ噴出させないため、故障時の圧力上昇を考慮したさらに強固なタンク構造とする必要がある。或いは、放圧弁 9 を設け、噴出した有害ガスを外気に漏らさないよう避圧タンク 19 を備えた構造とする。これによりガス絶縁変圧器の質量及び製造コストが増加するという問題点が発生する。

【 0 0 1 1 】

特開 2 0 0 0 - 1 5 0 2 5 3 号公報記載の変圧器は外部の冷却器によってガスを強制的に循環し、冷却する導ガス風冷式であり、冷却器が必要となる。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は地球環境に与える負荷が小さく、質量、製造コストの低減ができるガス絶縁変圧器を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明は鉄心と巻線を含む機器をタンク内に収納し、絶縁及び冷却用媒体としてガスを充填したガス絶縁変圧器において、絶縁ガスとして地球温暖化係数が 1 以下の不活性ガスを用いる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、実施例を用い、図を参照して説明する。

図 1 は本発明によるガス絶縁変圧器の一実施例を示す一部断面側面図である。図は配電用 6 k V ガス絶縁変圧器において絶縁、冷却ガスとして窒素ガス（以下 N_2 ガスと言う）を用いた場合を例として説明する。図において、変圧器はタンク 3 内部に N_2 ガス 4 が充填されている。 N_2 ガス 4 は外気の侵入を防ぐために第二種圧力容器にならない 0. 2 9 7 5 M P a (2 k g / c m ² G) 未満、好ましくは 1 5 0. 3 5 8 k P a 以下で加圧封入される。タンク 3 内には高効率変圧器の損失特性を有する鉄心 1 と巻線 2 が収納されている。タンク 3 は油入り変圧器と同様に冷却用の波形をしたリブ 5 を設けている。タンク 3 上部には連成計 6、一次端子 7、二次端子 8、放圧弁 9 が設けられる。なお、一次端子 7、二次端子

8はタンク3の側面に設けてもよい。

【0015】

以上のように構成されている本実施例のガス絶縁変圧器の作用について説明する。鉄心1および巻線2の冷却は、発熱体である鉄心1と巻線2から N_2 ガス4に熱が伝えられ、 N_2 ガス4の温度が上昇し、軽くなった N_2 ガス4は自然対流によりタンク3下部からタンク3上部に向かい、タンク3上部に至った N_2 ガス4はタンク3の表面から低温の外気に放熱されることにより行われる。通常、タンク3の放熱効率を上げるため波形をしたリブ5によりタンク3表面積を増している。 N_2 ガス4は外気に熱を放出することで温度が下がり、重くなってタンク3の下部に向かう。このように N_2 ガス4の対流により、鉄心1及び巻線2で発生した熱は外気に放出される。

冷却性能は、鉄心1と巻線2から N_2 ガス4への熱の伝わりやすさである熱伝達率の影響と、 N_2 ガス4が鉄心1や巻線2から熱を奪ったときに単位体積の N_2 ガス4が $1^{\circ}C$ 上昇するのに必要な熱量を表す比熱と密度との積の影響を大きく受ける。熱伝達率、比熱と密度の積とも大きいほど冷却性能は良くなる。このため、従来の SF_6 ガスを封入したガス絶縁変圧器では、動粘性係数を小さくし、かつ、密度を大きくして冷却性能を向上するために、 SF_6 ガスの圧力を高くしている。

【0016】

所が、鉄心の低損失材料の開発と設計、製造技術の進歩により、変圧器の損失特性は、従来のものに比べて格段に低損失化が進んできた。例えば低損失材料である非晶質金属薄帯を用いた鉄心は鉄損が約 $1/5$ となることが知られている。

JEM1474(2000)では高効率変圧器として以下を制定した。

高効率変圧器とは、鉄心材料として低損失材料である磁区制御ケイ素鋼帯、高配向性ケイ素鋼帯及び非晶質合金(アモルファス磁性合金)のいずれか1種類を使用し、さらに鉄心の改善による無負荷損の低減図り、巻線の材質変更や低損失構造設計化によって負荷損の低減を図ったもので、全損失をJIS C4304(1999)より25%低減した変圧器である。上記の損失特性を有する鉄心及び巻線をガス絶縁変圧器に採用することにより発生損失が約25%低減でき、冷却

にかかる負荷が軽減する。本実施例のガス絶縁変圧器によれば、高効率変圧器の損失特性を有する鉄心及び巻線を採用することで上記問題点を解決したものである。

【0017】

以下に、変圧器の詳細な冷却構造と作用について述べる。

図2は図1に示すガス絶縁変圧器に用いられる巻線の一実施例を示す斜視図である。図において、巻線は、平角導体或いは丸線導体10が捲回され、層間にダクト11が挿入されガス流路12が形成されている。13は層間及び1次巻線14と2次巻線15間の絶縁を目的として捲回された絶縁紙である。16は鉄心1が挿入される開口部である。

【0018】

図3は図1に示すガス絶縁変圧器に用いられる鉄心の一実施例を示す斜視図である。図において、鉄心材として非晶質金属箔帯が用いられる。鉄心の平面部17及び積層面18のいずれもコーティングは施されていない。鉄心1は巻線2の開口部16に挿入される。挿入後の鉄心1と巻線2は図1に示す構造となる。

【0019】

タンク3内部に充填された N_2 ガス4は発熱体である鉄心1と巻線2の加熱及びタンク3からの放熱により自然対流を起こす。鉄心1の熱は巻線2に覆われていない表面から N_2 ガス4に伝達される。巻線2の熱は巻線外側表面と巻線内部のガス流路12に面した領域から N_2 ガス4に伝達される。鉄心1の表面及びガス流路12を流れる N_2 ガス4は巻線2の下部から上部に対流を起こし、タンク3内を上部に向かう。温度が上昇した N_2 ガス4はタンク3の表面から外気に放熱される。通常、タンク3の放熱効率を上げるため波形をしたリブ5によりタンク3表面積を増している。外気に放熱することで N_2 ガス4は温度を下げ、タンク3の下部に向かう。このような N_2 ガス4の対流により、鉄心1及び巻線2は冷却される。

【0020】

発熱体である鉄心1及び巻線2に高効率変圧器と同等の損失特性を有するものを採用することによって、冷却にかかる負担を軽減できる。このため、 SF_6 ガ

ス19より密度と比熱の積が約 $1/3$ である N_2 ガス4を用いても、ガスの圧力を、第二種圧力容器の規制を受けない 0.2975MPa ($2\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$)未満にすることが可能になる。さらに、巻線2に配置したダクト11の幅を調整しガス流路12を流れるガス量やタンク3の波形をしたリブ5の枚数等を適切に設計することによって、封入ガスの加圧を上げることによる冷却効率の向上を期待することなく、温度変化に起因したタンク3内負圧による外気侵入が無い程度、例えば 150.358kPa 以下に加圧したガスを封入することによって冷却性能を満足させることが出来る。

【0021】

絶縁性能については例えば文献放電研究会資料ED-98-175で報告されている。図5にその結果をしめす。

図5は六弗化硫黄ガスと窒素ガスの混合比に対する部分放電開始電圧を示す特性図であり、横軸は SF_6 ガスと N_2 ガスの混合比を示し、縦軸は部分放電開始電圧(kV)を示す。なお、混合比がゼロは、 N_2 ガスが100%であり、 SF_6 が混合されていないことを示す。また、混合比1とは、 SF_6 が100%であり、 N_2 は混合されていないことを示す。

部分放電開始電圧(kV)の測定は、高圧電極の周りに絶縁紙、例えばクラフト紙を捲回し、高圧電極とクラフト紙を介して対向する位置に接地電極を配置してくさびギャップを構成したものをガスが封入されたタンクに設置し、高圧電極の端子と接地電極の端子をタンク外に設け、これら高圧端子と接地端子の間に電圧を印加して部分放電開始電圧、即ちコロナが出始める電圧を測定している。測定は SF_6 ガスと N_2 ガスの混合比(SF_6/N_2)をパラメータとして実施している。

曲線51はガス圧が 0.5MPa を、曲線52はガス圧が 0.35MPa を、曲線53はガス圧が 0.2MPa を、曲線54はガス圧が 0.1MPa を示す。

【0022】

図5の特性図によると、 N_2 ガスと SF_6 ガス中のクラフト紙の部分放電開始電圧は曲線54の場合(ガス圧が 0.1MPa)に、 SF_6 ガスで約 16kV 、 N_2 ガスで約 10kV であることが分かる。よって、 N_2 ガスを用いると絶縁耐力は

SF₆の場合の0.63倍になることを示している。SF₆ガスを用いたガス絶縁変圧器は万が一、ガスが漏洩してタンク内のガス圧が外気圧と同等になった場合も絶縁破壊を起こさないよう十分な安全率を見込んで設計されている。従って、N₂を使うことによる0.63倍程度の絶縁耐力の低下は、N₂ガス4を外気の侵入が無い程度に加圧封入した場合でも、ダクト11の高さを調整することにより絶縁破壊が生じないように設計することが可能である。

【0023】

以上の作用は絶縁及び冷却媒体として、二酸化炭素ガス、乾燥空気のいずれか、或いはこれらのガスと窒素ガスの混合ガス、又は、窒素ガスを含めたこれらの混合ガスを用いた場合も同様である。なお、N₂の分子量は28.01、CO₂の分子量は44.01である。

また、本発明では、鉄心による無負荷損を低減し、巻線による負荷損を低減した高効率変圧器とすることによって、地球温暖化計数が1以下の不活性ガスを利用することができる。これらのガスは地球温暖化係数が1以下なので、タンクから外気に漏洩しても地球環境に与える負荷は小さい。

【0024】

以上述べたように、本発明によるガス絶縁変圧器によれば、タンク3内部にN₂ガス4を充填しているので、点検及び撤去時に大気中にN₂ガス4を排出しても、温室効果ガスとして抑制対象外であるため地球環境に与える負荷はない。また、有害な分解ガスの発生はなく、分解ガス吸着剤の装備は不要である。内部事故等による急激な内部圧力上昇を想定したガス漏れ対策としてタンクを強固に設計したり、避圧タンク20を設けたりする必要もない。

また、N₂ガス4を外気の侵入が無い程度に加圧して、タンク3に封入にすると、タンク3の強度は絶縁及び冷却性能向上を目的とした加圧分を考慮する必要がなく、JEC等の規格に定められたガス温上昇による内圧変化のみに耐え得る範囲で十分である。

これらのことから、本発明のガス絶縁変圧器のタンクは、SF₆ガス19を用いるタンクより、肉厚が薄い鉄板で製造することが出来る。また、鉄心1については、SF₆ガス19を封入した場合のように、ガス分解の触媒金属として作用

することはなく、コーティングは不要である。

【0025】

また、本発明によれば、ガス絶縁変圧器はタンク 3 内部に絶縁及び冷却用の媒体として地球温暖化係数が 1 以下の不活性ガスを充填しているので、地球環境に与える負荷は小さい。また、絶縁ガスを温度変化によるタンク内圧力が負圧とならない程度に加圧して封入することにより、タンクを強固に設計する必要がなく、質量及び製造コストの低減ができる。

【0026】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、変圧器のガスが外気に漏洩しても、封入ガスは地球温暖化計数が 1 以下であるので、地球環境に与える負荷は小さい。

また、絶縁ガスを温度変化によるタンク内圧力が負圧とならない程度の加圧封入にすることができるので、タンクを強固に設計する必要がなく、質量及び製造コストの低減ができる。

また、 N_2 ガスを用いたガス絶縁変圧器は鉄心をコーティングする必要がなく作業工数が減少する。

また、有害ガスが発生しないので、避圧タンクを備える必要はない。これによりガス絶縁変圧器の質量及び製造コストが低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明によるガス絶縁変圧器の一実施例を示す一部断面側面図である。

【図 2】

図 1 に示すガス絶縁変圧器に用いられる巻線の一実施例を示す斜視図である。

【図 3】

図 1 に示すガス絶縁変圧器に用いられる鉄心の一実施例を示す斜視図である。

【図 4】

従来のガス絶縁変圧器の一部断面側面図である。

【図 5】

六弗化硫黄ガスと窒素ガスの混合比に対する部分放電開始電圧を示す特性図で

ある。

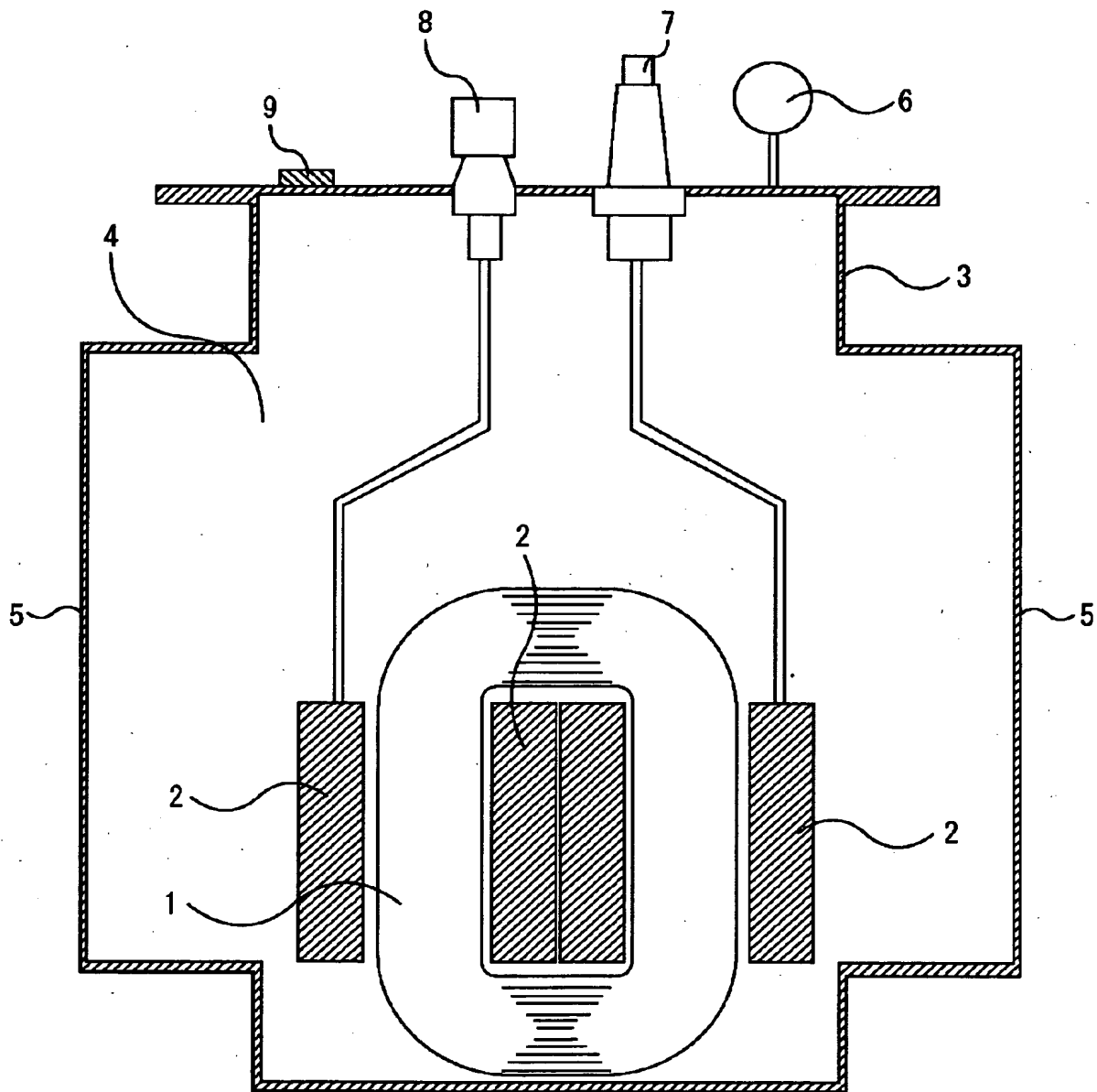
【符号の説明】

1 … 鉄心、 2 … 巻線、 3 … タンク、 4 … N_2 ガス、 9 … 放圧弁、 1 0 … 導体、
1 1 … 冷却用のガス流路を構成するダクト、 1 2 … ガス流路、 1 9 … SF_6 ガス
、 2 0 … 放圧弁から噴出した有害ガスを大気中に漏洩させないための避圧タンク

【書類名】 図面

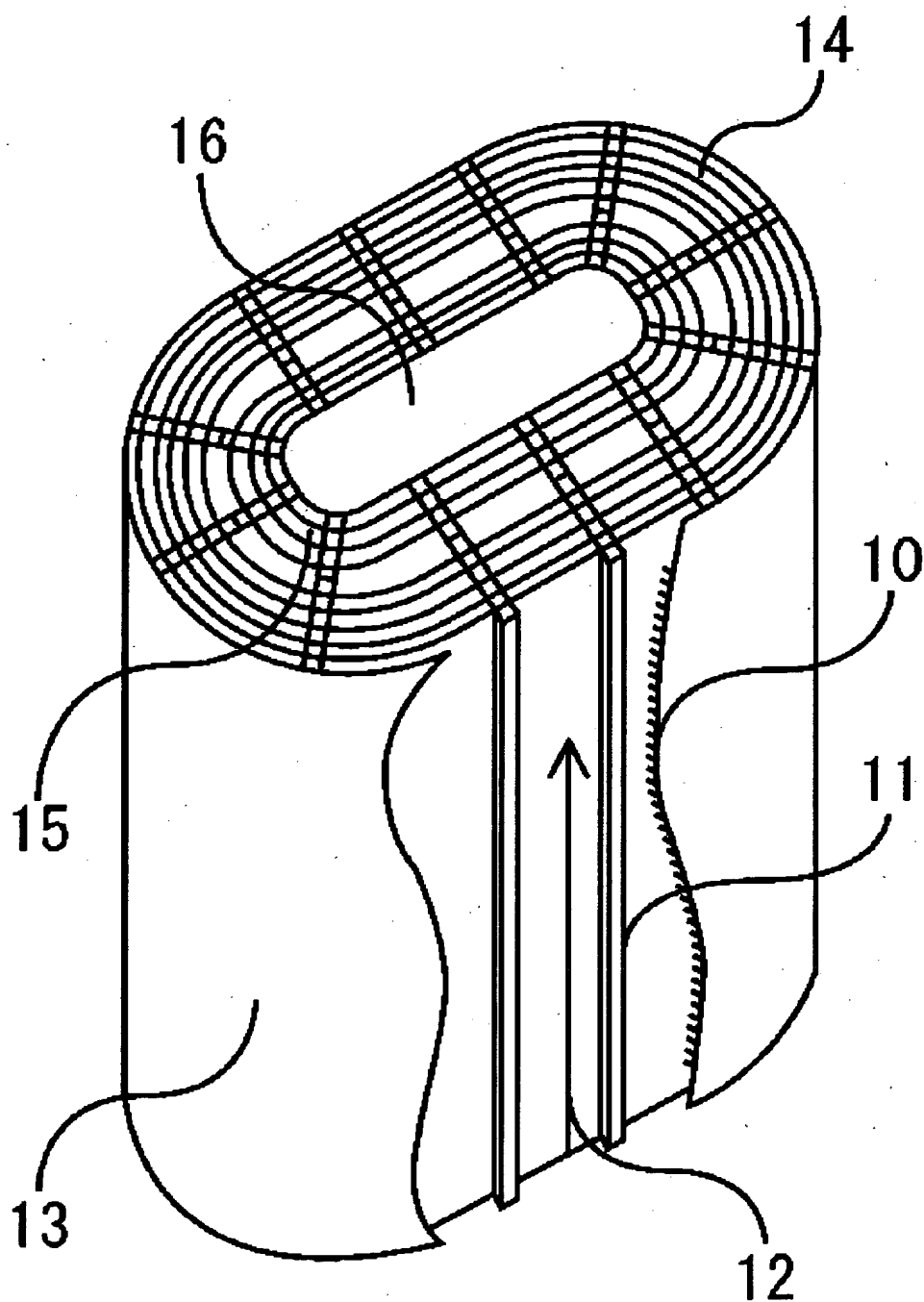
【図 1】

図 1



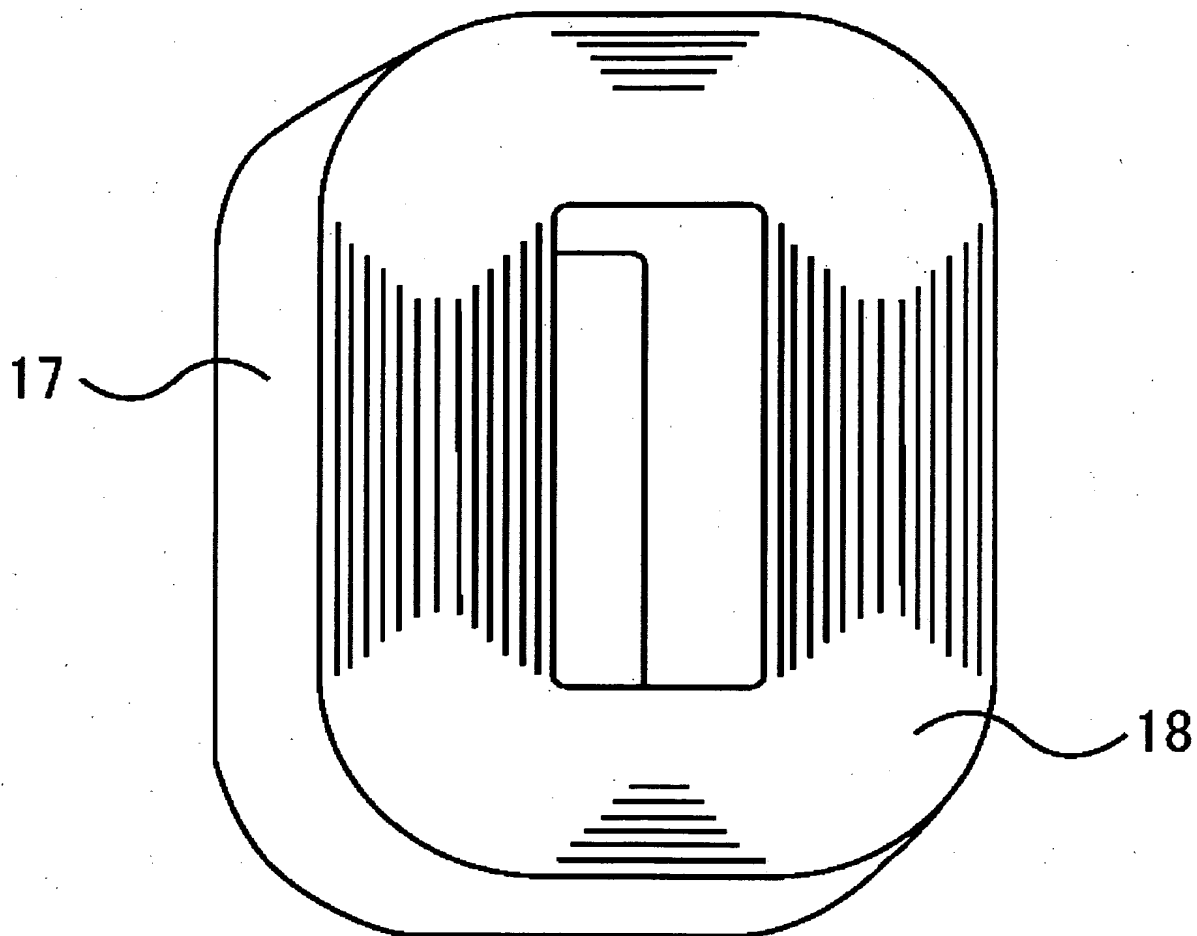
【図 2】

図 2



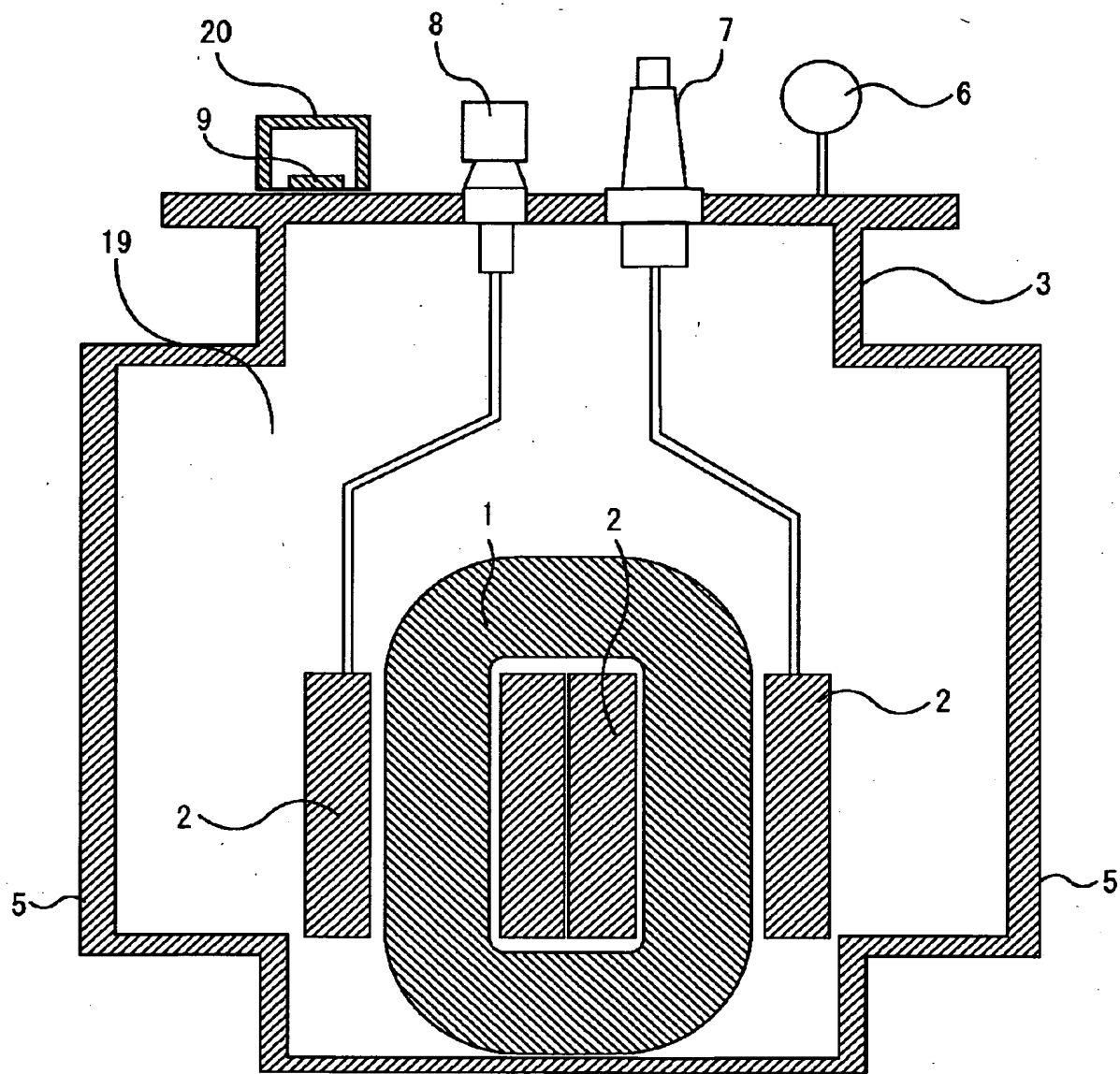
【図 3】

図 3



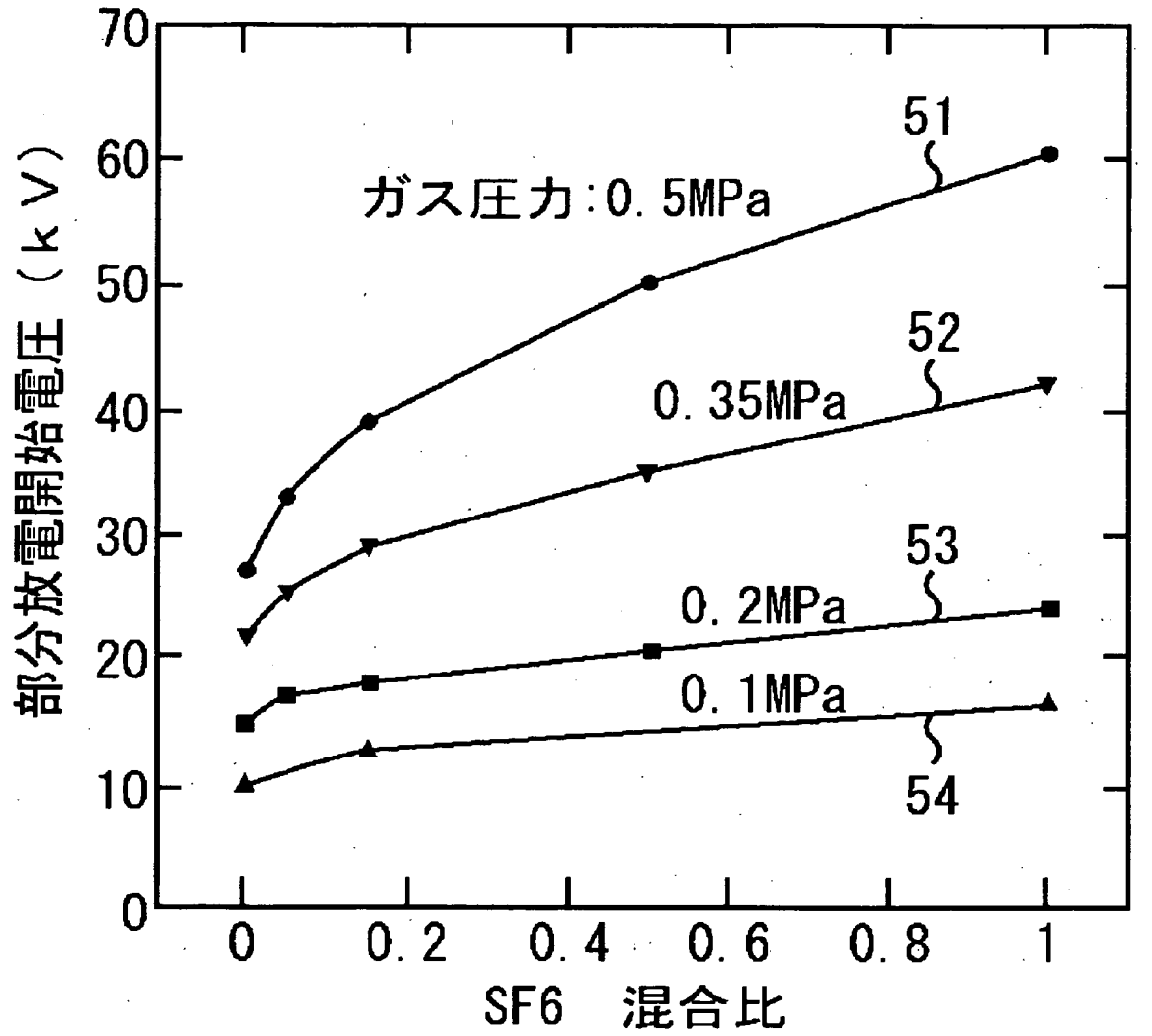
【図 4】

図 4



【図5】

図5



混合比—部分放電特性 (クラフト紙)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 地球環境に与える負荷が小さい不活性ガスを用いたガス絶縁変圧器を提供する。

【解決手段】 鉄心と巻線を含む機器をタンク内に収納し、絶縁及び冷却媒体としてガスを充填したガス絶縁変圧器において、上記鉄心と巻線を高効率変圧器と同等の損失特性を持たせ、絶縁及び冷却媒体として地球温暖化係数が1以下の不活性ガスをタンク内に充填する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所